

## **TUGAS AKHIR**

# **ANALISIS HASIL UJI *CUP DRAWING* DAN KEMAMPUAN TARIK *TAILOR WELDED BLANKS* (*TWB*) MENGGUNAKAN SAMBUNGAN LAS TITIK DENGAN VARIASI KETEBALAN PLAT**



Disusun Sebagai Syarat Untuk Menyelesaikan Program Studi  
Strata Satu Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta

**Disusun :**

**HERMAWAN SURYO AJI PRATAMA**

**NIM : D200 11 00 22**

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**2016**

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul: **"ANALISIS HASIL UJI *CUP DRAWING* DAN KEMAMPUAN TARIK *TAILOR WELDED BLANKS (TWB)* MENGGUNAKAN SAMBUNGAN LAS TITIK DENGAN VARIASI KETEBALAN PLAT"** yang dibuat untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar sarjana S1 pada jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan dilingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau instansi manapun, kecuali sebagian sumber informasinya saya cantumkan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 10 Mei 2016

Yang Menyatakan



Hermawan Suryo Aji Pratama

## HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas akhir yang berjudul "**ANALISIS HASIL UJI CUP DRAWING DAN KEMAMPUAN TARIK TAILOR WELDED BLANKS (TWB) MENGGUNAKAN SAMBUNGAN LAS TITIK DENGAN VARIASI KETEBALAN PLAT**" telah disetujui dan telah diterima untuk memenuhi sebagai persyaratan memperoleh derajat sarjana S1 pada jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersembahkan Oleh :

Nama : HERMAWAN SURYO AJI PRATAMA

NIM : D200 11 0022

Disetujui pada :

Hari : *Kamis*

Tanggal : *23 Juni 2016*

Pembimbing Utama



Agus Dwi Anggono, ST, M.Eng, Ph.D

Pembimbing Pendamping



Muh. Alfatih H, ST, MT

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul “ANALISIS HASIL UJI CUP DRAWING DAN KEMAMPUAN TARIK TAILOR WELDED BLANKS (TWB) MENGGUNAKAN SAMBUNGAN LAS TITIK DENGAN VARIASI KETEBALAN PLAT” telah dipertahankan dihadapan tim penguji yang telah dinyatakan sah untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh derajat sarjana S1 pada jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan Oleh :

Nama : HERMAWAN SURYO AJI PRATAMA

NIM : D200 11 0022

Disahkan pada

Hari : Rabu

Tanggal : 29 Juni 2016

Tim Penguji :

Ketua : Agus Dwi Anggono, ST, M.Eng, Ph.D (  )

Anggota 1 : Muh. Alfatih Hendrawan, ST, MT (  )

Anggota 2 : Joko Sedyono, Ph.D (  )

Dekan,

Ketua Jurusan,



Ir. H. Sri Sunarjono, MT, Ph.D

Tri Widodo Besar R, ST, M.Sc, Ph.D

## LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Berdasarkan surat Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Nomor 308/A.3-II/TM/TA/IX/2015. Tanggal 29 September 2015  
dengan ini :

Nama : Agus Dwi Anggono, Ph.D  
Pangkat/Jabatan : Asisten Ahli  
Kedudukan : Pembimbing Utama / Pembimbing Kedua \*)  
memberikan Soal Tugas Akhir kepada mahasiswa :

Nama : Hermawan Suryo Aji Pratama  
Nomor Induk : D 200 110 022  
NIRM : -  
Jurusan/Semester : Teknik Mesin / Akhir  
Judul/Topik : ANALISA KEMAMPUAN TARIK PLAT (TWP) DENGAN KETEBALAN 0,7 MM DAN  
Rincian Soal/Tugas : 1,5 MM MENGGUNAKAN LAS SPOT WELDING PADA PROSES CUP DRAWING

Demikian soal tugas akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 29 September 2015

Pembimbing



Agus Dwi Anggono, Ph.D

Cc. : M Alfatih H. ST. MT.  
Lektor

### Keterangan :

\*) Coret salah satu

1. Warna biru untuk Kajar

2. Warna kuning untuk Pembimbing I

3. Warna merah untuk Pembimbing II

4. Warna putih untuk mahasiswa

## **HALAMAN MOTTO**

**“Senyum bahagia yang mereka beri adalah semangatku hari ini dan suksesku dihari esok....”**

**(#Penulis)**

**“Allah akan meninggikan derajat orang-orang yang beriman diantaramu dan orang-orang yang berilmu pengetahuan”**

**(#Qs. Al-Mujadalah:11)**

**“Waktu itu bagaikan pedang, jika kamu tidak memanfatkannya menggunakan memotong, ia akan memotongmu (menggilasmu)”**

**(#H.R. Muslim)**

**“Barang siapa yang mengamalkan yang diketahuinya maka Allah menganugrahkan ilmu yang belum diketahuinya”**

**(#Shihab, 1994: 439)**

**“Semua tidak ada yang instan dan Optimis adalah bekal, seperti anak tangga yang perlu dipijak satu persatu...”**

**(#Desy)**

# **ANALISIS HASIL UJI CUP DRAWING DAN KEMAMPUAN TARIK TAILOR WELDED BLANKS (TWB) MENGGUNAKAN SAMBUNGAN LAS TITIK DENGAN VARIASI KETEBALAN PLAT**

**Hermawan Suryo Aji Pratama, Agus Dwi Anggono, Muh. Alfatih H**

Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan, Kartasura

Email : [hermawansuryo93@gmail.com](mailto:hermawansuryo93@gmail.com)

## **ABSTRAKSI**

*Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan tarik dari sebuah plat Tailor Welded Blanks menggunakan sambungan las tipe spot welding pada variasi ketebalan yang berbeda terhadap hasil dari pengujian kekuatan tarik geser dan mengetahui kemungkinan kegagalan atau cacat setelah dilakukan proses cup drawing.*

*Pada penelitian ini menggunakan logam induk mild steel yang berbeda jenis yaitu plat A ketebalan 0,7 mm dan plat B ketebalan 1,5 mm serta variasi ketebalan plat TWB 0,7 mm dengan 0,7 mm (plat A + plat A), 0,7 mm dengan 1,5 mm (plat B + plat B), dan 1,5 mm dengan 1,5 mm (plat B + plat B). Proses pengelasan menggunakan spot welding dengan parameter arus 8 kA, weld time 0,4 dt, holding time 5 dt. Pengujian spesimen meliputi uji tarik, uji geser dan uji cup drawing. Standar pengujian menggunakan ASTM E8 untuk uji tarik raw material, AWS 8.9-97 untuk uji geser sambungan las.*

*Hasil pengujian menunjukkan kekuatan geser pada variasi sambungan pengelasan beda ketebalan plat antara 11,64 N/mm<sup>2</sup> hingga 19,74 N/mm<sup>2</sup>, sedangkan pada plat raw kekuatan tarik tertinggi ditunjukan pada raw material plat B ketebalan 1,5 mm yaitu 20,02 N/mm<sup>2</sup> dan kekutan tarik terendah pada raw material plat A ketebalan 0,7 mm yaitu 13,38 N/mm<sup>2</sup>. Dari ketiga variasi sambungan pengelasan dengan beda ketebalan plat tidak ada yang menunjukkan kegagalan sambungan pengelasan saat pengujian cup drawing dan hasil cup drawing yang mendekati sempurna dengan cacat wrinkling in the wall sebagian besar hanya terdapat pada daerah overlap.*

**Kata kunci : Spot Welding, Tailor Welded Blanks, Cup Drawing**



# **THE ANALYSIS OF CUP DRAWING TEST AND TENSILE ABILITY OF TAILOR WELDED BLANKS (TWB) USING SPOT WELDING WITH THE PLATE THICKNESS VARIATION**

**Hermawan Suryo Aji Pratama, Agus Dwi Anggono, Muh. Alfatih H**  
Mechanical Engineering Departement, Muhammadiyah University of  
Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan, Kartasura

Email : [hermawansuryo93@gmail.com](mailto:hermawansuryo93@gmail.com)

## **ABSTRACT**

*The objective of the study is to know the tension ability of a Tailor Welded Blanks (TWB) using weld joint with spot welding type on the plate thickness variation that is different with the results of tensile shear strength test and to know the possibility of failure or defect after the cup drawing process.*

*The research is used base metal of mild steel different types that is plate A thickness 0,7 mm and plate B thickness 1,5 mm as well as TWB plate thickness variation of 0,7 mm with 0,7 mm (plate A + plate A), 0,7 mm with 1,5 mm (plate A + plate B), 1,5 mm with 1,5 mm (plate B + plate B) . Welding process used spot welding with current parameter of 8 kA, weld time of 0,4 seconds, welding time of 5 seconds. The specimen testing are tension test, shear test, and cup drawing test. The standart test used ASTM E8 for tension test raw materials and AWS 8.9-97 for shear test of weld joint.*

*The results of testing shows that shear strength on different variations of the welding connection plate thickness between 11,64 N/mm<sup>2</sup> to 19,74 N/mm<sup>2</sup>, while at the raw material plate is shown the highest tension strength on raw material plate B thickness 1,5 mm is 20.02 N/mm<sup>2</sup> and the lowest tension strength on raw material plate B thickness 0,7 mm is 13,38 N/mm<sup>2</sup>. The third variation of the joining welded with different plates are nothing that shown the failure of weld joint during the test of cup drawing and the result it close to perfect drawing with disabilities wrinkling on the overlap area.*

**Keywords: Spot Welding, Tailor Welded Blanks, Cup Drawing**



## HALAMAN PERSEMBAHAN



Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Syukur Alhamdulillah, dipanjatkan ke hadirat Allah SWT atas berkah dan rahmat-Nya, beserta Rasulnya. Alhamdulillah penulis selalu bersyukur atas kemampuan sederhana yang dimiliki. Rasa bangga, haru, serta bahagia atas karunia dan kemudahan yang Engkau berikan akhirnya skripsi yang sederhana ini dapat terselesaikan. Kupersembahkan karya sederhana ini kepada orang yang sangat kukasihi dan kusayangi.

### **“Ayahanda dan Ibunda Tercinta”**

Kepada Ayahanda (Joko Suryadi) dan Ibunda (Mugiyati) tercinta. Sebagai tanda bakti, hormat, dan rasa terima kasih yang tiada terhingga Aku persembahkan karya sederhana ini sebagai rasa bahagia serta terima kasihku atas segala kasih sayang, nasehat, motivasi, doa yang tiada henti, dukungan yang nyata serta cinta kasih tiada teringga yang selama ini Ayahanda dan Ibunda berikan kepada anakmu ini. Semoga dengan karya sederhana ini menjadi langkah awal untuk membuat Ayah dan Ibu bahagia.

### **“Adikku Tersayang”**

Terima kasih untuk adikku (Putra Alif Dzaky) tersayang, tingkah polos nakalmu serta kepandaianmu mengolah sebuah kata-kata adalah sebuah dukungan semangat untuk kakakmu ini dalam menyusun skripsi hingga selesai. Terima kasih pula atas doa dan semangat yang kamu berikan, maaf kakakmu ini belum dapat menjadi panutan yang baik tetapi akan berusaha menjadi kakak yang terbaik untukmu adikku (Alif).

### **“My Best Patner”**

Terima kasih untuk patnerku selama ini (Desy Ratna Sari) yang telah memotivasi, mendukung, mendoakannku serta menemaniku sejak semester awal kita kuliah yang memberikan canda tawa dan emosi untuk satu tujuan. Terima kasih untuk selama ini.

### **“My Best Friend’s”**

Untuk sahabat seperjuangan skripsiku (Angga, Nova, Agus) terima kasih atas bantuan, nasihat, doa, hiburan, ejekan dan semangat yang telah kalian berikan selama pengerjaan skripsi ini. Serta untuk sahabat kuliahku yang terutama (Ekno, Andi, Harjo) yang selalu memberikan masukan serta dapat diajak bertukar pemikiran dan diskusi dikala menghadapi kesulitan saat pengerjaan tugas akhir ini aku ucapkan terima kasih atas bantuan kalian. Teman-teman Rumah Hantu Gumpang (Zulfikar, Da'im, Bagus) terima kasih atas canda tawa serta bantuan kalian selama ini. Serta sahabat awal kuliah hingga saat ini (Yanuar dan Agus) semoga

persahabatan ini selamanya dan teman-teman Mechanical Engineering 2011 UMS yang belum sempat disebut namanya terima kasih atas bantuan kalian, semoga keakraban kita selalu terjaga.

Aamiin..(M Solidarity)

### **“Keluarga Besar MALIMPA”**

Untuk saudara-saudariku keluarga Besar MALIMPA terutama untuk DIKLATSAR 29 terima kasih atas kekompakan dan kekeluargaan kalian selama ini. Semangat ini pun semangat yang kalian berikan untukku, untuk MALIMPA, untuk UMS, untuk Bangsa dan Negara Republik Indonesia. Semoga kita tetap belajar dan dapat berguna untuk lingkungan sekitar. Bravo MALIMPA dan SALAM LESTARI!!!!

### **“Dosen Pembimbing Tugas Akhirku”**

Bapak Agus Dwi Anggono, ST, M.Eng, Ph.D dan Bapak Muh. Alfatih Hendrawan, ST, MT selaku dosen pembimbing tugas akhir saya, terima kasih banyak untuk selama pengerjaan Tugas Akhir selama ini yang menasehati, memberikan ilmu, dan pengalaman yang sangat berarti.

## KATA PENGANTAR

Assalamua'alaikum. Wr. Wb.

Syukur Alhamdulillah, penulis panjatkan kepada allah SWT atas segala rahmat dan nikmat-Nya sehingga penyusunan laporan penelitian ini dapat terselesaikan.

Tugas akhir berjudul “**ANALISIS HASIL UJI *CUP DRAWING* DAN KEMAMPUAN TARIK *TAILOR WELDED BLANKS (TWB)* MENGGUNAKAN SAMBUNGAN LAS TITIK DENGAN VARIASI KETEBALAN PLAT**”, dapat terselesaikan atas dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini saya selaku penulis dengan segala hormat dan ketulusan hati ingin menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan sebesar – besarnya kepada :

1. Bapak Ir. H. Sri Sunarjono, MT., Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Bapak Tri Widodo Besar R, ST., MSc., Ph.D selaku Ketua jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. Bapak Agus Dwi Anggono, ST., M.Eng., Ph.D selaku Dosen pembimbing utama yang telah membimbing serta bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan arahan dan penjelasan dalam penulisan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Muh Alfatih Hendrawan, ST., MT selaku Dosen pembimbing pendamping yang telah bersedia memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini
5. Bapak Joko Sedyono., Ph.D., selaku Dosen penguji Ujian Tugas Akhir.
6. Bapak Nur Akhlis, ST., M.Eng selaku dosen pembimbing akademik selama berkuliah di Universitas Muhammadiyah Surakarta.

7. Dosen dan Staff Tata Usaha Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta yang membantu kelancaran Tugas Akhir.
8. Ayah dan ibu tercinta yang selalu memberikan doa beserta dukungannya, perhatian serta kasih sayang yang begitu istimewa dan sangat luar biasa.
9. Teman-teman Teknik Mesin UMS angkatan 2011 yang banyak memberikan motivasi dan semangat bagi penulis.
10. Semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan terimakasih atas dukungannya.

Penulis menyadari bahwa laporan ini jauh dari sempurnaan, oleh karena itu kritik dan saran bersifat membangun dari pembaca akan penulis terima dengan senang hati dan penulis ucapkan banyak terima kasih. Semoga semua amal baik yang diberikan semua pihak kepada penulis akan mendapat balasan yang lebih baik dan sempurna dari Allah SWT.

Wasalammu'alaikum Wr.Wb.

Surakarta, 10 Mei 2016



Hermawan Suryo Aji Pratama

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR .....	v
HALAMAN MOTTO .....	vi
ABSTRAKSI .....	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	ix
KATA PENGANTAR .....	xii
DAFTAR ISI .....	xiv
DAFTAR GAMBAR .....	xvi
DAFTAR TABEL .....	xviii
DAFTAR SIMBOL .....	xix

### BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan Penelitian .....	3
1.3. Manfaat Penelitian .....	4
1.4. Batasan Masalah .....	4

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kajian Pustaka .....	6
2.2. Landasan Teori .....	8
2.2.1. Pengertian <i>Tailor Welded Blanks (TWB)</i> .....	8
2.2.2. Penyambungan atau <i>Joining</i> .....	10
2.2.3. Las Resistensi Listrik ( <i>Resistance welding</i> ) .....	12
2.2.4. <i>Resistance Spot Welding</i> .....	17
2.2.5. <i>Cup Drawing</i> .....	19
2.2.6. <i>Dies</i> .....	20

2.2.7. Variabel Proses <i>Drawing</i> .....	25
2.2.8. Teori Elastisitas dan Plastisitas .....	30
2.2.9. Tegangan .....	31
2.2.10. Regangan .....	32
2.2.11. Tegangan Geser .....	33
2.2.12. <i>Deformasi</i> .....	34
2.2.13. <i>Gaya tekan pada proses Drawing (Drawing Force)</i> .....	36

### BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Bahan Penelitian.....	40
3.2. Alat Penelitian .....	40
3.2.1. Mesin Las <i>Spot welding</i> .....	40
3.2.2. <i>Dies</i> .....	42
3.2.3. Alat Pengujian .....	43
3.2.4. Alat Bantu Pengujian .....	44
3.3. Metode Penelitian .....	46
3.3.1. Urutan Penelitian .....	47

### BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian .....	53
4.1.1. Hasil Pengujian Tarik dan Geser.....	53
4.1.2. Hasil Visual Pengujian <i>Cup Drawing</i> .....	60

### BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan .....	67
5.2. Saran .....	68

### DAFTAR PUSTAKA

### LAMPIRAN



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. TWB pada panel mobil.....	9
Gambar 2.2. Klasifikasi metode pengelasan.....	11
Gambar 2.3 Las Resistensi Listrik .....	12
Gambar 2.4 Resistensi pada <i>Resistance Welding</i> .....	14
Gambar 2.5 <i>Welding Process and Welding Time</i> .....	16
Gambar 2.6 (a) Pembentukan Cylinder Cup (b) Penyebaran Gaya Drawing pada Dinding Cylinder Cup .....	19
Gambar 2.7 <i>Blank and Draw Piece</i> .....	20
Gambar 2.8 Komponen Utama <i>Dies</i> .....	22
Gambar 2.9 Proses <i>Deep Drawing</i> .....	23
Gambar 2.10 Diagram Tegangan - Regangan.....	34
Gambar 2.11 Garis Modulus .....	36
Gambar 3.1 (a) Plat tebal 0,7 mm (b) Plat tebal 1,5 mm.....	40
Gambar 3.2 Mesin Las Titik.....	41
Gambar 3.3 <i>Design Dies Set (a) Punch (b) BHF (c) Die</i> .....	42
Gambar 3.4 <i>Universal Testing Machine</i> .....	43
Gambar 3.5 <i>Compression Testing Machine</i> .....	44
Gambar 3.6 <i>Shear Machine</i> .....	45
Gambar 3.7 <i>Stop watch</i> .....	45
Gambar 3.8 Diagram Alir Penelitian.....	46
Gambar 3.9 Spesimen Uji Geser .....	48
Gambar 3.10 Spesimen Uji Tarik <i>Raw Material</i> .....	49
Gambar 3.11 <i>Blank Raw Material</i> .....	50
Gambar 3.12 <i>Tailor Welded Blanks</i> .....	50

Gambar 4.1 Spesimen Uji Tarik <i>Raw Material</i> .....	53
Gambar 4.2 Spesimen Uji Geser Sambungan Las Titik.....	54
Gambar 4.3 Grafik Uji tarik pada <i>Raw Material</i> plat jenis A tebal 0,7 mm.....	55
Gambar 4.4 Grafik Uji tarik pada <i>Raw Material</i> plat plat jenis B 1,5 mm.....	55
Gambar 4.5 Grafik rata-rata hasil uji tarik pada raw material antara plat A dengan plat B .....	56
Gambar 4.6 Grafik Uji geser pada sambungan las titik plat A tebal 0,7 mm dengan plat A tebal 0,7 mm .....	57
Gambar 4.7 Grafik Uji geser pada sambungan las titik plat A tebal 0,7 mm dengan plat B tebal 1,5 mm .....	57
Gambar 4.8 Grafik Uji geser pada sambungan las titik plat B tebal 1,5 mm dengan plat B tebal 1,5 mm .....	58
Gambar 4.9 Grafik rata-rata hasil uji geser pada sambungan las titik..	58
Gambar 4.10 <i>Blank</i> sebelum pengujian <i>Cup Drawing</i> .....	62
Gambar 4.11 Hasil proses <i>Cup Drawing</i> .....	62
Gambar 4.12 Hasil <i>Cup Drawing</i> plat A ketebalan 0,7 mm .....	63
Gambar 4.13 Hasil <i>Cup Drawing</i> plat B ketebalan 1,5 mm .....	63
Gambar 4.14 Hasil <i>Cup Drawing</i> plat TWB ketebalan plat 0,7 mm dengan plat 0,7 mm (plat A + plat A) .....	63
Gambar 4.15 Hasil <i>Cup Drawing</i> plat TWB ketebalan plat 0,7 mm dengan plat 1,5 mm (plat A + plat B) .....	64
Gambar 4.16 Hasil <i>Cup Drawing</i> plat TWB ketebalan plat 1,5 mm dengan plat 1,5 mm .....	64

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Parameter <i>Spot Welding</i> .....	18
Tabel 2.2 Jenis material dan kecepatan maksimal <i>draw piece</i> .....	29
Tabel 2.3 <i>Correction value</i> $n = f(\beta_{actual})$ .....	38
Tabel 2.4 <i>Limiting Drawing Ratio</i> ( $\beta$ max) pada material .....	38
Tabel 3.1 Sampel Dimensi Pengujian Geser (AWS D8.9-97) .....	48
Tabel 3.2 Sampel Dimensi Pengujian Tarik <i>Raw material</i> (ASTM E8). .....	49
Tabel 3.3 Jumlah spesimen <i>Raw material</i> , Pengelasan, dan Cup Drawing .....	49
Tabel 3.4 Sampel dimensi Blanks.....	51
Tabel 4.1 Dimensi Spesimen Uji Tarik <i>Raw material</i> (ASTM E8).....	54
Tabel 4.2 Sampel Dimensi Pengujian Geser (AWS D8.9-97) .....	54
Tabel 4.3 Hasil d hubungan antara tegangan rata-rata, regangan rata-rata, modulus elastisitas dan kekuatan tarik <i>Raw material</i> .....	60
Tabel 4.4 Hasil d hubungan antara tegangan rata-rata, regangan rata-rata, modulus elastisitas dan kekuatan sambungan las titik .....	60
Tabel 4.5 Gaya pada pengujian <i>cup drawing</i> .....	61

## DAFTAR SIMBOL

$H$	= Heat Input	(Joule)
$I$	= Kuat Arus	(Ampere)
$R$	= Hambatan Listrik	(Ohm)
$t$	= Waktu	(detik)
$\sigma$	= Tegangan normal	(N/mm <sup>2</sup> )
$\tau$	= Tegangan Geser	(N/mm <sup>2</sup> )
$\epsilon$	= Regangan	(%)
$F$	= Gaya	(N)
$A$	= Luas Permukaan	(mm)
$l$	= Panjang mula-mula	(mm)
$\Delta l$	= Pertambahan Panjang	(mm)
$E$	= Modulus elastisitas	(N/mm <sup>2</sup> )
$F_{dr}$	= Gaya Penarikan	(N)
$D_p$	= Diameter Punch	(mm)
$D_b$	= Diameter Blank	(mm)
$S$	= Ketebalan Blank/Plat	(mm)
$F_{fr}$	= Gaya Gesek	(N)